

ANÁLISE DA QoS APLICADA A SISTEMAS CELULARES COM ALOCAÇÃO FIXA DE CANAL

G.H.S. Carvalho, L. A. Guedes e J. C. W. A. Costa

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará

Abstract – Quality of Service (QoS) is a set of parameters used to measure, monitor, and control of performance of network under determined situations. Those parameters are not well defined in cellular systems. Thus, this paper describe, a set of parameters that can be used to make the global analyze of cellular systems. The parameters of QoS are used to compare the performance of two schemes of fixed channel assignment: with prioritized *handoff* (FIFO), e non-prioritized. It Can be observed that giving priority to *handoff* attempts over new call of voice in initial access attempts would dramatically improve the global average forced termination probability of systems without seriously degrading the global average probability of blocked of new call of voice.

I – INTRODUÇÃO

A comodidade dos produtos e serviços oferecidos pelas operadoras de serviço celular facilitando o acesso a informação, tem contribuído de forma a aumentar abruptamente o número de usuários móveis. Esse grande aumento do número de usuários do serviço celular, juntamente com as exigências para dar suporte às aplicações multimídia, como o *handoff* e o *roaming* em tempo real, exigem um uso eficiente do espectro de frequência para manter a qualidade de serviço prestado (QoS). A QoS se refere a um conjunto de parâmetros utilizados para medir, monitorar, e controlar o desempenho da rede sob determinadas situações. Pesquisas nessa área visam definir os parâmetros de QoS destinados à avaliação de desempenho da rede celular [1]. Como na rede de telefonia fixa, um parâmetro amplamente aceito na análise de desempenho da rede celular é a probabilidade de bloqueio de uma nova chamada de voz [1]-[3], que expressa a percentagem de chamadas que não são atendidas pelo sistema, ou seja, que são bloqueadas devido à indisponibilidade de canais no momento do acesso inicial. Próprio da característica de mobilidade do usuário do sistema celular, um outro parâmetro importante na análise de desempenho da rede, é a probabilidade de término forçado da chamada (bloqueio do *handoff*), no momento em que o usuário atravessa de uma célula para outra (*handoff*). Esse parâmetro representa a fração de novas chamadas que não são bloqueadas, mas experimentam o término forçado da chamada [2][3]. Um outro parâmetro importante na análise de desempenho da rede, é a probabilidade de uma chamada não ser completada, ou pelo fato de ser bloqueada no acesso inicial, ou por experimentar o

término forçado da chamada [2][3]. Outro parâmetro importante da QoS é chamado desvio do serviço. Esse parâmetro descreve a variação, entre as várias células da rede, da probabilidade de uma chamada não ser completada, causada pela distribuição não uniforme do tráfego: ou seja, ele fornece informações sobre situações em que algumas células da rede começam a degradar a QoS. Na análise da rede celular, todos esses parâmetros são considerados de forma global para fornecer uma visão geral do comportamento da rede celular para uma dada situação.

Existem dois modelos amplamente usados no sistema telefônico: o modelo de perda, onde todas as chamadas que buscam o sistema no momento em que todos os canais estão ocupados, são bloqueadas, e retiradas do sistema, e o modelo de espera, onde as chamadas que não são servidas imediatamente são colocadas em uma fila de espera até serem atendidas. Na telefonia celular esses modelos são mais conhecidos como modelo sem prioridade, e modelo com prioridade. Neste trabalho analisam-se alguns desses parâmetros de qualidade de serviço de redes celulares, em que, de acordo com o proposto em [2][3], a prioridade é atribuída as tentativas de *handoff* que não são servidas imediatamente, e são colocadas em uma fila de *handoff*, até o momento de serem servidas. Observa-se através dos resultados da aplicação desses modelos na rede móvel celular, que o modelo com prioridade de *handoff* fornece um melhor resultado em relação ao sem prioridade, em detrimento de um pequeno aumento na sua probabilidade global de bloqueio de voz.

O artigo é organizado como segue. No item II, são descritas as informações pertinentes ao modelo de tráfego assumido neste trabalho. No item III, descrevem-se os dois modelos de sistema considerados para a análise da QoS. No item IV, são apresentados os parâmetros de QoS para a análise global da rede. No item V, são comparados, e analisados os desempenhos dos dois modelos considerados segundo os parâmetros de QoS apresentados no item IV. No item VI são apresentadas as conclusões finais a respeito do comportamento dos dois sistemas apresentados, segundo os parâmetros de QoS considerados.

II -MODELO DE TRÁFEGO

No modelo de tráfego considerado, as novas chamadas são geradas em cada célula de acordo com processos de Poisson independentes, com razão média de chegada de chamadas λ_c por hora [2][4]. Como a quantidade de fontes, ou seja, unidades móveis (UM), são consideradas infinitas, a razão média de novas

chamadas é independente das chamadas em progresso. As tentativas de *handoff* em cada célula, também são consideradas geradas por processos de Poisson independentes com razão média de tentativa λ_h por hora[2][3]. Considera-se que o tempo médio de duração de uma chamada T_d , é distribuído exponencialmente com valor médio igual a $1/\mu_d$ [2][3]. O tempo médio de residência da UM na célula T_s , é definido como tempo que a UM permanece na célula desde o momento em que ela iniciou a sua chamada (ou sofreu *handoff*), até o momento em que ela atravessa a fronteira entre as células consideradas [3]. Ele também é considerado como uma variável aleatória distribuída exponencialmente com média $1/\mu_s$, sendo $\mu_s=0.7182$ V/R, onde R é o raio da célula, e V o valor médio da velocidade [2][3]. O tempo de retenção do canal T_H é definido como o tempo transcorrido desde o momento que o canal é atribuído para atender uma chamada, até o momento que ele é liberado ou pelo término da chamada ou porque a UM sofreu um *handoff*. Assim, T_H será [2]:

$$T_H = T_d \quad (1)$$

se a chamada for completada na célula na qual é originada. Caso contrário, a UM sofre o *handoff*, então $T_s < T_d$, desta forma [2],

$$T_H = T_s \quad (2)$$

As Equações (1), e (2) são válidas para as novas chamadas, e para as chamadas que sofreram *handoff* [2]. Desta forma, dependendo do comportamento da UM, para qualquer canal atribuído na célula, T_H será ou o tempo de duração da chamada, ou o tempo de permanência da UM na célula [2]. Assim,

$$T_H = \min(T_d, T_s) \quad (3)$$

A partir de (3) tem-se que [2],

$$\text{Prob}\{T_H \leq t\} = 1 - \text{Prob}\{(T_d > t) \text{ e } (T_s > t)\} \quad (4)$$

o que resulta em,

$$\text{Pr ob}\{T_H \leq t\} = 1 - e^{-(\mu_d + \mu_s)t}, t \geq 0 \quad (5)$$

que é a Função distribuição do T_H . Desta forma, a sua função densidade de probabilidade é:

$$f_{T_H}(t) = (\mu_d + \mu_s)e^{-(\mu_d + \mu_s)t}, t \geq 0 \quad (6)$$

com valor médio de [2],

$$E[T_H] = \frac{1}{\mu_H} = \frac{1}{\mu_d + \mu_s} \quad (7)$$

III -MODELO DO SISTEMA

Considera-se que um grupo de C canais nominais são atribuídos de forma fixa a cada célula. Assim, dependendo do modelo analítico considerado, o tratamento dado as tentativas de acesso ao sistema podem melhorar ou degradar a QoS prestada, pois cada modelo tem a sua estratégia própria de atribuição de canal. O primeiro modelo considerado, é um modelo sem prioridade. Nele, os C canais atribuídos a cada Estação Radio Base (ERB), são compartilhados da mesma forma entre as tentativas de *handoff* e as novas chamadas de voz. Assim, quando todos os canais estão ocupados, a próxima tentativa de acesso ao sistema será

bloqueada (*handoff* ou voz). Desta forma, a probabilidade de bloqueio das novas chamadas de voz é igual a probabilidade de término forçado do *handoff*, o que do ponto de vista do usuário é pior [3]-[5]. Entretanto, atribuindo-se uma prioridade às tentativas de *handoff* sob as novas chamadas de voz, a probabilidade do término forçado do *handoff* é reduzida consideravelmente, sem contudo, degradar consideravelmente a probabilidade de bloqueio de voz [4]. O que é justamente feito na segunda estratégia.

1) Estratégia sem prioridade de *handoff*: Nesta estratégia a ERB possui o diagrama de estado mostrado na fig.1, considerando-se que a ERB pode ser modelada como um sistema de filas [2]-[5].

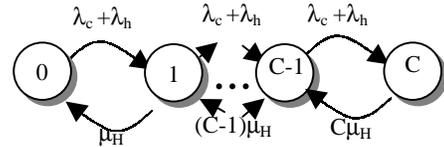


Fig.1-Diagrama de estado da ERB para estratégia sem prioridade

Esse sistema é que uma fila M/M/c/c. Assim, as probabilidades de bloqueio de voz e de término forçado do *handoff* são [4]:

$$P_B = P_F = \frac{(\lambda_c + \lambda_h)^C}{(\mu_H)^C C!} P_0 \quad (8)$$

sendo,

$$P_0 = \left\{ \sum_{i=1}^C \frac{(\lambda_c + \lambda_h)^i}{(\mu_H)^i i!} \right\}^{-1} \quad (9)$$

onde, P_B é a probabilidade de bloqueio de voz, e P_F é probabilidade de término forçado do *handoff*. A probabilidade de uma chamada não ser completada P_{ns} , é definida como a fração de novas tentativas de chamadas que não são completadas ou porque são bloqueadas, ou porque experimentam o término forçado[2][3], sendo dada por:

$$P_{ns} = P_B + P_F(1 - P_B) \quad (10)$$

2) Estratégia com prioridade de *handoff* (FIFO): Nessa estratégia, as tentativas de *handoff* que não são imediatamente servidas, são colocadas em uma fila (fila de *handoff*) de espera (teoricamente infinita) de acordo com a ordem de sua geração (FIFO). Quando um canal é liberado na célula, a ERB primeiro verifica se sua fila de *handoff* está vazia. Se ela não estiver vazia, o canal é atribuído a tentativa de *handoff* na cabeça da fila [2]. O tempo máximo de fila T_Q , é considerado uma variável aleatória dependente de uma série de fatores como, características de propagação, interferência, e outros efeitos variantes no tempo [2]. Ele denota o tempo em que a UM está na área de *handoff*, que é definida, como a área onde o nível de potência médio recebido pela UM a partir da ERB está entre o limiar de *handoff* e o limiar do sinal recebido [3]. Em ambientes urbanos assume-se que T_Q é distribuído exponencialmente com

valor médio $1/\mu_Q$ [2]. Nesse modelo a ERB é modelada como uma fila M/M/c, e possui o seguinte diagrama de estado mostrado na fig. 2 [2].

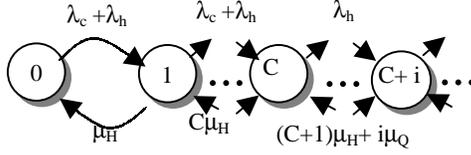


Fig.2-Diagrama de estado da ERB para estratégia com prioridade

A probabilidade de bloqueio de uma nova chamada de voz, é dada por [2]:

$$P_B = P_0 \frac{(\lambda_c + \lambda_h)^C}{(\mu_H)^C C!} \left\{ 1 + \sum_{j=C+1}^{\infty} \frac{\lambda_h^{j-C}}{\prod_{i=C}^{j-1} (C+i)\mu_H + i\mu_Q} \right\} \quad (11)$$

onde,

$$P_0 = \left[\sum_{j=0}^C \frac{(\lambda_c + \lambda_h)^j}{j! (\mu_H)^j} + \frac{(\lambda_c + \lambda_h)^C}{C! (\mu_H)^C} \sum_{j=C+1}^{\infty} \frac{\lambda_h^{j-C}}{\prod_{i=C}^{j-1} (C+i)\mu_H + i\mu_Q} \right]^{-1} \quad (12)$$

A probabilidade de término forçado do *handoff* P_F , é calculada em função das probabilidades de uma tentativa de *handoff* falhar P_{fh} , e pela probabilidade de uma nova chamada que não é bloqueada (ou ter sofrido outros *handoff* antes) vir a solicitar uma nova tentativa de *handoff* P_h . Desta forma, P_F será [2][3]:

$$P_F = \frac{P_h P_{fh}}{1 - P_h (1 - P_{fh})} \quad (13)$$

onde,

$$P_h = \Pr ob\{T_d > T_s\} = \frac{\mu_s}{\mu_s + \mu_d} \quad (14)$$

P_{fh} pode ser expressa em termos de probabilidade de estado da ERB (P_{C+k}), e da probabilidade de que uma tentativa de *handoff* que se junta à fila na posição $k+1$ falhe, $P_{fh}(k)$, da seguinte forma[2][3]:

$$P_{fh} = \sum_{k=0}^{\infty} P_{C+k} P_{fh}(k) \quad (15)$$

A probabilidade de que uma tentativa de *handoff* que se junta à fila na posição $k+1$ falhe é [2]:

$$P_{fh}(k) = \frac{\mu_Q}{\mu_Q + \mu_H} \left(1 - \prod_{i=0}^k \frac{(C+i)\mu_H + i\mu_Q}{(C+i)\mu_H + (i+1)\mu_Q} \right) \quad (16)$$

Do mesmo modo como, considerando antes, a probabilidade de uma chamada não ser completada é definida como (10).

IV -PARÂMETROS DE QoS PARA ANÁLISE GLOBAL DA REDE CELULAR

Os parâmetros de QoS para análise global da rede celular são calculados a partir das probabilidades de bloqueio (P_B), de término forçado (P_F), e da probabilidade de uma chamada não ser completada (P_{ns}), em cada célula da seguinte forma. Dado N , o número de células do sistema, e λ as razões de chegadas de chamadas totais dentro de cada célula (chamada de voz + *handoff*), a probabilidade global da rede \bar{P}_j ($j=B; F; ns$), é definida como [1]:

$$\bar{P}_j = \Lambda^{-1} \sum_{i=1}^N P_i \lambda_i \quad (17)$$

onde $\Lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N$, ou seja, o somatório do tráfego de todas as células. O último parâmetro de QoS considerado neste trabalho, é chamado de desvio de serviço. Ele é definido em [1], como a variação entre as células da probabilidade de bloqueio de uma nova chamada de voz, pois nessa referência só é considerado o efeito do tráfego das novas chamadas de voz. Contudo, considerando o efeito do *handoff* no sistema, a probabilidade que expressa o efeito do bloqueio das duas fontes de tráfego (*handoff* e voz), é a probabilidade de uma chamada não ser completada. Assim, considera-se neste trabalho, que o desvio de serviço, é a variação entre as células da probabilidade de uma chamada não ser completada. Para medir essa quantidade, se utiliza uma classe de medidas denominadas de bloqueio excessivo de ordem p , proposta em [1] representada por $EB(p)$ $p \geq 1$. Elas fazem referência ao grau de serviço na rede celular (2%), e são ponderadas pelo tráfego em cada célula, e penalizam apenas as células que possuem a probabilidade de uma chamada não ser completada (consideração feita neste trabalho) acima do grau de serviço [1]. $EB(p)$ é definida da seguinte forma [1]: Dado I o conjunto de células com a probabilidade de uma chamada não ser completada acima de 2%, a classe de medidas $EB(p)$ $p \geq 1$, é:

$$EB(p) = \left[\sum_{i \in I} (P_{nsi} - 0.02)^p \frac{\lambda_i}{\Lambda} \right]^{1/p}, p=1,2,\dots(18)$$

Quando p assume o valor 1, $EB(p)$ torna-se o bloqueio excessivo médio geral. Ele penaliza os desvios médios a partir de 2%. Quando p assume o valor 2, $EB(p)$ é chamado de bloqueio excessivo rms. Ele penaliza grandes desvios de P_{ns} a partir de 2%, quando comparado a $EB(1)$ [1]. Assim, com o aumento de p , mais, e mais desvios são penalizados. Uma medida típica de p , e bem definida, é o valor de p igual a 2 [1].

IV – RESULTADOS

Para a análise da QoS da rede celular segundo os parâmetros adotados, se utilizou o modelo hipotético da fig.3, considerado em [1][6]. Ele é constituído por 49 células hexagonais de mesmo tamanho, com 7 células por cluster, 10 canais por célula. A razão de chegada de chamadas total por hora (*handoff* + voz), que buscam o sistema, está indicada dentro de cada célula. O tempo médio de duração de uma chamada é 2 minutos. O tempo médio de fila é 0.4 minutos. A relação V/R é considerada 1 minuto⁻¹. Este valor de V/R representa uma grande classe de situações, incluindo um sistema celular denso como centro de cidades, ambientes picocelulares, campus, ou ambientes indoor [2]. As razões de *handoff* considerada sob o tráfego total são de 50 %, e 20%, respectivamente [5].

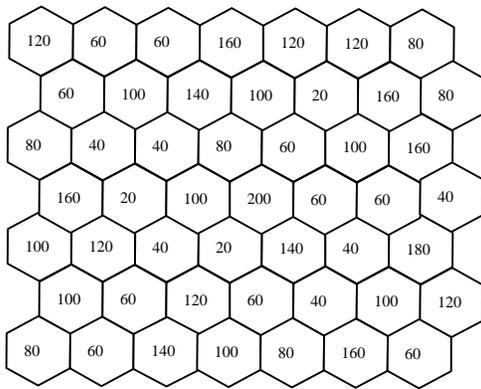


Fig. 3 – Modelo celular

Para a implementação prática de filas considerou-se o tamanho de 4 unidades. Esse valor foi adotado a partir do cálculo da probabilidade global de término forçado do *handoff* para a condição inicial de tráfego. Como mostra a fig. 4, observou-se saturação desse parâmetro, para ambas as relações de tráfego de *handoff* consideradas, 50% (triângulo azul), e 20% (círculo magenta) respectivamente.

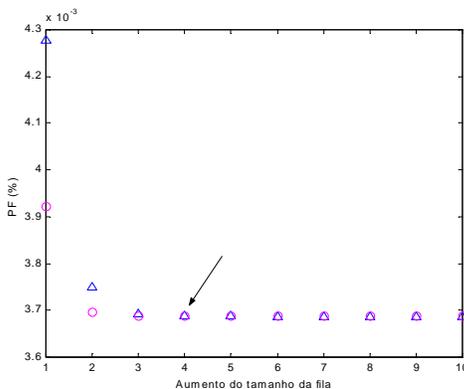


Fig. 4 – Probabilidade global de término forçado do *handoff* versus o aumento do tamanho da fila

Relação de *handoff* de 50% do tráfego total: O gráfico da fig.5 mostra a probabilidade global de

bloqueio de voz, obtidas de acordo com (11), e (8) respectivamente, versus um aumento de carga de 1% a 200% do valor nominal de tráfego do sistema para os dois modelos analisados. Observa-se, que após aproximadamente 60% de aumento de carga, a probabilidade global de bloqueio das novas chamadas de voz no modelo sem prioridade (vermelho), é menor que a do modelo com prioridade (azul). Isso acontece porque, no modelo com prioridade, um canal liberado somente pode ser atribuído a uma nova chamada de voz, depois que a ERB verifica sua fila de *handoff*. Durante esse intervalo outras novas chamadas de voz tentam acessar o sistema e são bloqueadas [5]. Isto não acontece no sistema sem prioridade. Pois quando um canal é liberado, ele é atribuído para a primeira chamada de voz ou *handoff*.

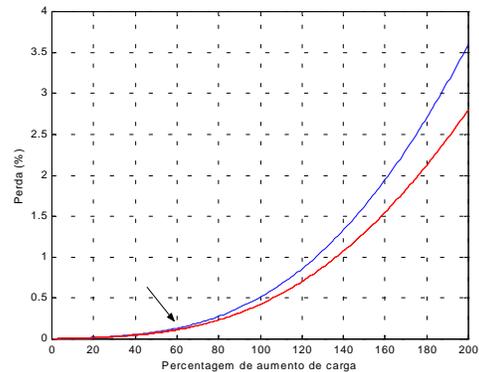


Fig. 5 – Probabilidade global de bloqueio de uma nova chamada de voz versus a percentagem aumento de carga

A fig. 6 mostra o desempenho do sistema considerando a probabilidade global de término forçado para os dois modelos adotados. Em azul, tem-se esta probabilidade para o sistema com prioridade, e em vermelho para o sistema sem prioridade, obtidas de acordo com (13), e (8) respectivamente. Observa-se a partir desse gráfico, que com o estabelecimento de uma pequena prioridade para as tentativas de *handoff*, há uma diminuição considerável desse parâmetro de QoS. Observa-se ainda, das fig.5 e fig.6, que no sistema sem prioridade a probabilidade global de bloqueio de voz é igual a probabilidade global de término forçado, o que diminui muito a qualidade do serviço prestado, pois do ponto de vista do usuário é melhor ser bloqueado no acesso inicial do que experimentar o término forçado de sua ligação. A fig.7, mostra a probabilidade global de uma chamada não ser completada, calculadas de acordo com (10), para os dois modelos considerados. Esse parâmetro de QoS, é de fundamental importância para a análise de desempenho global da rede, pois ele mostra como o sistema se comporta em relação as suas fontes geradoras de tráfego. Novamente se observa a vantagem do sistema com prioridade (azul), em relação ao sem prioridade (vermelho), pois o fator diferencial nesse parâmetro é justamente a probabilidade global de término forçado do *handoff*. A fig. 8 mostra o desvio de serviço, calculado conforme (18). Ela mostra que embora os sistemas sem prioridade (vermelho), e com prioridade (azul), globalmente só comecem a degradar a

QoS aproximadamente a partir de 140%, e 160% (fig.7) respectivamente, algumas células do sistema começam a degradar a QoS aproximadamente a partir de 63 %, e 75% respectivamente, de aumento de carga.

Relação de handoff de 20% do tráfego total: Os gráficos da fig. 9 mostram as probabilidades globais de uma nova chamada de voz, e de término forçado do handoff para os dois modelos considerados. Comparando-se com a fig 5 e fig 6, observa-se que para razões de handoff pequenas, a probabilidade global de uma nova chamada de voz para o modelo com prioridade (azul) diminui, enquanto que para o modelo sem prioridade continua a mesma (vermelho). Isso acontece porque quanto menor é a razão de handoff, menor é o impacto da fila no desempenho do sistema, em relação as chamadas de voz. A probabilidade global de término forçado do handoff para o modelo com prioridade de handoff (preto), e sem prioridade (vermelho), continuam as mesmas.

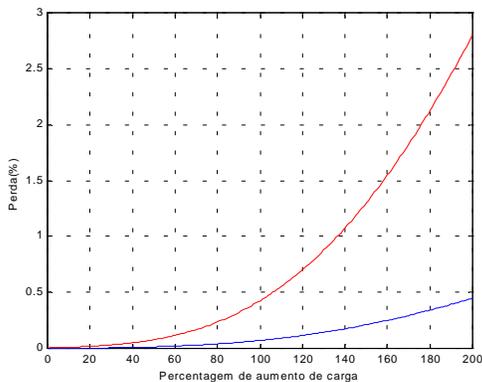


Fig. 6– Probabilidade global de término forçado do handoff versus a percentagem aumento de carga

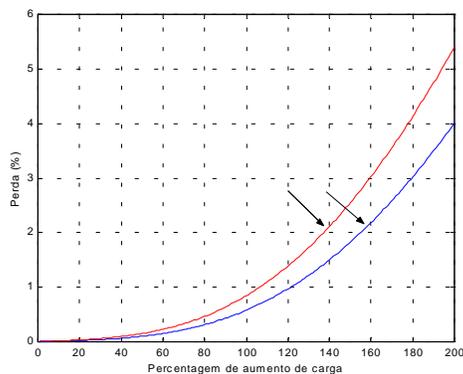


Fig. 7– Probabilidade global de uma chamada não ser completada versus a percentagem aumento de carga

A fig.10 mostra a probabilidade global de uma chamada não ser completada para os dois modelos considerados, com prioridade (azul), e sem prioridade (vermelho). Comparando-se com os resultados apresentados na fig 7, observa-se uma melhora desse parâmetro apenas no modelo com prioridade de handoff. Isso porque, ocorreu apenas uma melhora no desempenho do sistema em relação a probabilidade global de bloqueio de uma nova chamada de voz para esse modelo, enquanto as outras

probabilidades globais mantiveram seus mesmos valores. A análise do desvio de serviço é mostrada na fig.11, onde se observa que há uma ligeira melhora no desempenho do sistema com a diminuição da razão de handoff na rede (azul), enquanto o sistema sem prioridade continua praticamente o mesmo. Isso mostra que, como carga da rede referida ao handoff é menor, menor é a necessidade da ERB verificar sua fila, o que provoca uma rapidez no acesso aos canais, e por conseguinte, uma maior capacidade do sistema resistir ao aumento do tráfego.

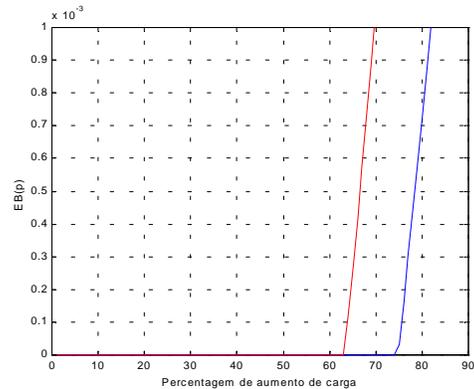


Fig 8-EB(2) para sistema com prioridade, e sem prioridade versus a percentagem aumento de carga

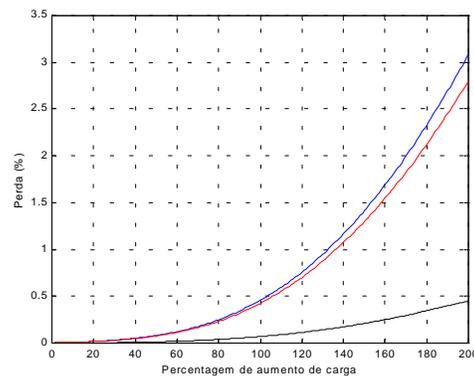


Fig. 9– Probabilidades globais de bloqueio de uma nova chamada de voz, e as probabilidades globais de término forçado do handoff, para os dois modelos considerados versus a percentagem aumento de carga

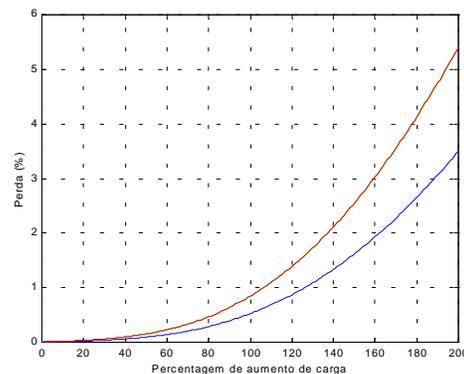


Fig. 10– Probabilidade global de uma chamada não ser completada versus a percentagem aumento de carga

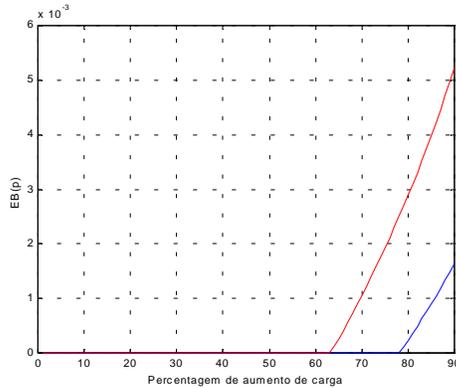


Fig 11-EB(2) para sistema com prioridade, e sem prioridade versus a porcentagem aumento de carga

VI –CONCLUSÃO

Em sistemas de terceira geração, para prestação de serviços multimídia de forma eficiente, a cobertura de uma determinada área é feita usando micro/pico células, o que ocasiona um aumento considerável do número de *handoff* na rede móvel celular. Assim, o uso de ERBs que implementem um sistema de prioridade de *handoff*, é de fundamental importância para a manutenção da QoS nas redes celulares. Os resultados apresentados neste trabalho mostraram que o modelo com prioridade de *handoff* apresenta um melhor desempenho nos parâmetros de QoS considerados, em relação ao modelo sem prioridade, em detrimento de um pequeno aumento da sua probabilidade global de bloqueio das novas chamadas de voz. Foi mostrado também que para razões de *handoff* razoáveis, a diferença entre essas probabilidades diminui, pois a frequência com que a ERB verifica sua fila é menor. Com relação ao desvio de serviço, esse pode ser melhorado com o emprego de técnicas de alocação dinâmica de canal, ou ainda, técnicas de alocação fixa de canal não uniforme, que tornem a probabilidade de uma chamada não ser completada igual em todas as células. Essas considerações estão sendo investigadas e serão objetos de futuras publicações

VII –AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parcialmente financiado pelo CAPES e CNPq.

VIII –REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]-T. S. P. Yum, K. L. Yeung, “A New Quality of Service Measure for Cellular Radio Systems”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 46, No.3, August 1997.
- [2]- R. Fantacci, “Performance Evaluation of Prioritized Handoff Schemes in Mobile Cellular Networks”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 49, No.2, March 2000.
- [3]-D. Hong, S. Rappaport, “Prioritized Oriented Channel Access for Cellular Systems Serving

Vehicular and Portable Radio Telephones”, IEE Proceedings, Vol. 136, No.5, October 1989.

- [4]-Y. B. Lin, S. Mohan, A. Noerpel, “Queuing Priority Channel Assignment Strategies for PCS Handoff and Initial Access”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 43, No.3, August 1994.
- [5]-D. M. Lee, D. C. Son, H. S. Seong, “Queuing Priority Channel Assignment Scheme for Handoff in CDMA Cellular Systems”, International Conference on Information, Communication and Signal Processing ICICS’97, Singapore, 9-12 September 1997.
- [6]- M. Zhang, T. S. P. Yum, “Comparisons of Channel Assignment Strategies in Cellular Mobile Telephone Systems”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 38, No.4, November 1989.